

***L'individu de les societats desenvolupades a penes s'adona dels ingents volums d'energia que consumeix diàriament per realitzar les tasques més quotidianes i rutinàries. El seu comportament entra en oberta contradicció amb els sistemes naturals que suporten la vida de l'home i la de totes les espècies.***

## Homo energeticus

**Joandomènec Ros**

*Catedràtic d'Ecologia. Universitat de Barcelona*

### Un dia qualsevol

Són les set del matí d'un dia feiner qualsevol; el ràdio-rellotge despertador s'acaba de posar en marxa i m'assabento, encara mig endormiscat, de les noves locals, nacionals i de l'altre extrem de món: les declaracions d'un conseller sobre acords comercials amb Eslovàquia i Malàisia, un atemptat amb morts aquesta mateixa matinal a Argèlia, el resultat del campionat de tennis jugat ara mateix (el canvi d'hora) a Austràlia i l'impacte d'uns fragments meteorítics sobre Júpiter, que m'asseguren que a darrera hora de la nit es podran veure per televisió, mercès a algunes sondes i observatoris espacials, satèl·lits i estacions de seguiment a la Terra. Les imatges d'aquestes i altres informacions les podria seguir en el primer dels telenotícies, si no fos que quan l'emetem jo ja seré camí de la feina, de la mateixa manera que podré ampliar als diaris —d'avui o de demà— les informacions que m'interessin, i llegir les opinions saberudes de dues dotzenes, pel cap baix, d'analistes de l'actualitat informativa. *El món se'ns ha convertit en un pati de veïnat; les comunicacions amb regions allunyades de la Terra —i de més enllà— són cosa habitual i no ens acabem d'adonar de l'ingent cost energètic que això suposa.*

Mentre m'eixoriveixo i preparo l'esmorzar de tota la família m'entretinc en un exercici al qual, si estigués ben despert, segurament no dedicaria gens de temps. Es tracta d'establir, sempre que sigui possible, l'origen de tots i cadascun dels productes alimentaris o d'ús domèstic, dels estris o màquines, de les peces de roba o del parament de la llar, dels objectes artístics o d'ornament que em trobo al llarg del meu itinerari matinal quotidià, des del llit al despatx de la facultat. Més d'un cop he començat a fer aquest inventari, però aviat perdo l'interès o bé altres tasques més premeritòries em priven d'acabar-lo. Vejam si avui arribo una mica més enllà.

El cafè que ens agrada a casa és una barreja de grans sud-americans; el cacau en

pols que els meus fills barregen amb la llet, en canvi, és d'origen africà. La llet és catalana, asturiana o francesa, depenent de l'oferta que en cada moment té l'hipermercat al qual, un cop la setmana, anem a comprar els queviures i altres productes d'ús quotidià (de més de la meitat dels quals, però, la nostra besàvia no en coneixeria la utilitat). El mateix passa amb la fruita, la pasta, les conserves i fins i tot la carn; darrerament hem pogut assaborir la vedella argentina i el be neozelandès, igual que les endívies holandeses i les pomes franceses.

Tornant al desdèjuni que estic acabant de preparar mentre intento fer alçar del llit els meus fills i la dona ja feineja, el sucre és francès, la sacarina alemanya, les galetes són castellanques i els cereals preferits aquesta setmana —la propera, ja ho veurem— són fabricats per una multinacional a mitja dotzena de plantes de tot el món; suposo que els que es distribueixen a l'Estat espanyol estan fets aquí, però, qui sap? Els bols, vasos i plats són d'una ceràmica vidriada francesa, però culleretes i ganivets són d'acer inoxidable suec, mentre que la torradora és danesa i la cafetera elèctrica, és clar, italiana. Bé, això era així fins fa poc. Ara, tot conservant el disseny italià, els components mecànics són espanyols, els electrònics coreans o taiwanesos i els acabats txecs. *El món se'ns ha convertit en un immens rebost, en un magatzem d'estrís vinguts de qui sap on i en un mercat d'andròmines d'utilitat força dubtosa. El transport de béns de consum procedents de regions allunyades de la Terra és cosa habitual, perquè els diferents països troben en l'exportació dels seus productes la font de divises necessària per subvenir les enormes despeses que l'economia actual suposa, i amb prou feines ens adonem de l'enorme cost energètic que això implica.* Jo escallo la llet amb el mètode tradicional: la cuina de gas. Però els meus fills han descobert que el microones dona un gust especial al cereal; algun cop hem esmorzat també pasta de full sortida del forn (és









*Les activitats més o menys habituals en què ens veiem immerss cada dia suposen una despesa energètica molt superior a la que ens pertocaria*

a dir, acabada de passar pel forn domèstic després d'haver estat servada qui sap quant de temps al congelador). Al frigorífic s'hi conserven també els envasos de llet encetada del dia anterior, la mantega i la melmelada, junt amb la resta de queviures peridors que la refrigeració o la congelació ens permet conservar durant molt de temps i utilitzar a gust del consumidor. Naturalment, un cop acabat el desdèjuni familiar, bols, plats i coberts són entaforats al rentavaixelles, que es posarà en marxa tan bon punt estigui ple. Mentre els meus fills es dutxen —amb aigua caldejada per la caldera de gas, evidentment— la dona prepara la primera tongada de roba que la rentadora s'en-

carregarà de netejar, centrifugar i mig assecar.

Torno a sentir les noves —ara les de les vuit i a la ràdio de la cadena musical—, encenc l'ordinador personal per enllestir dues coses abans de marxar de casa: posar la darrera pregunta a un examen de l'assignatura que imparteixo a la facultat i passar al programa informàtic de la declaració de la renda quatre dades de darrera hora que ahir mateix em va trametre el banc. Em truca per telèfon un amic italià i jo mateix telefono als pares; el conserge li explica no sé què a la dona a través de l'interfon, alhora que la petita ja ha engegat la televisió per veure el seu programa de dibuixos preferit, i els meus fills grans circulen com uns autòmats amb els walkman respectius, escoltant una cosa estrident que ells anomenen música.

Finalment, entre dos quarts de nou i les nou marxem tots de casa. El gran anirà sol a l'escola, amb el transport públic; jo hi portaré amb l'automòbil els dos petits, abans d'anar a la facultat, i la dona se'n va amb el seu cotxe a visitar uns parents. En sortir al replà la decepció és gran: l'ascensor no funciona, i caldrà baixar a peu. I encara sort si l'avaria està resolta a l'hora de tornar! Tot just sortint de casa, la visita al caixer automàtic de l'agència de la caixa d'estalvis del barri és obligada. *El món se'ns ha convertit en una cabina de co-*

*mandament amb infinitat de botonets, que cal prémer per realitzar àdhuc la més banal de les activitats, i no acabem de ser conscients de quanta energia arribem a moure cada cop que en premem un.*

La majoria dels productes alimentaris i de consum que he esmentat, i de les màquines i estris consubstancials a la vida de l'home i la dona de les acaballes del segle XX, i d'altres invents de la humanitat, alguns d'utilitat secundària, sinó discutible —assegurances de vida, loteries, activitats benèfiques, eslògans polítics, etc.—, s'anuncien en tots els mitjans de difusió de masses, des de la premsa escrita a la ràdio i la televisió, passant per la tanca a la carretera i el rètol arrossegat per l'avioneta.

La publicitat ajuda a vendre, és clar, però suposa, entre altres coses, una despesa energètica addicional gens menyspreable. Com passa amb els esports —especialment els de masses—, el lleure, la cultura, l'art, àdhuc la religió...

### **Energia a dojo**

El lector, que és prou intel·ligent i ja haurà endevinat on vull anar a parar, agrairà que no segueixi detallant les activitats més o menys habituals o esotèriques en què ell i jo ens veiem immerss cada dia, i que suposen una despesa energètica molt superior a la que, com a organismes d'una determinada classe (mamífers), mesura (gran) i fisiologia (d'homeotèrmes), ens pertocaria. Efectivament, l'home és una espècie que fa servir recursos no estrictament alimentaris (primeres matèries, estris, espai per construir-hi camps de conreu, carreteres, habitatges, etc.) i, especialment, recursos energètics, en major mesura que cap altra espècie animal. *L'home modern, sobretot, és un gran consumidor d'energia, entre molts altres recursos.*

Hom ha qualificat d'*energia exosomàtica* aquesta energia que, a diferència de l'*endosomàtica*, no passa per l'interior del cos en forma d'aliments la degradació dels quals forneix al metabolisme el combusti-



ble necessari per al funcionament de la màquina que és el cos humà (Figura 1). Per això hom parla també de *metabolisme intern o biològic*, el que compartim amb la resta dels organismes, i de *metabolisme extern o cultural* que, sense ser un invent de l'home —insectes i rèptils s'escalfen al sol, peixos i ocells aprofiten en els seus desplaçaments els corrents d'aigua i d'aire, respectivament, i els insectes i mamífers socials són capaços de condicionar el clima dels seus formiguers, termiters, ciutats subterrànies, etc.—, aquest ha portat a unes cotes inigualades pels altres organismes.

Només cal comparar el reduït contingut energètic del cafè amb llet i la pasta de full que m'he pres aquest matí amb la despesa energètica total que he generat durant les dues primeres hores del dia sense sortir de casa! Al llarg de la jornada aquesta diferència no farà altra cosa que créixer. A la Taula 1 es pot veure que la relació entre metabolisme endosomàtic i exosomàtic oscil·la entre 1:3 (als països en vies de desenvolupament) i 1:50 (als desenvolupats), mentre que a la Taula 2 s'ofereix una estimació de l'evolució d'aquesta relació al llarg del temps, des de l'home primitiu al modern ciutadà de les acaballes del segle xx. Curiosament, l'energia exosomàtica que promou la producció primària de la biosfera (la pluja a terra, la barreja vertical i els corrents a l'oceà) té la mateixa proporció respecte de l'energia endosomàtica (de 15 a 50 vegades), proporció que augmenta quan s'hi afegeix el treball d'homes, màquines, adob, etc.; ho veurem més endavant.

Serà bo tornar a fer una ullada a la Taula 1. Hi podem veure que el metabolisme biològic en l'home oscil·la entre 2.000 i 3.000 kcal per dia, que donen un total aproximat d'un milió de kcal anuals. Però si mesurem l'energia endosomàtica humana en watts en lloc de kilocalories, la xifra resultant oscil·la entre 100 i 150 watts: l'home consumeix diàriament el mateix que una bombeta elèctrica! En aquesta taula també es pot veure que el metabolisme extern a

Figura 1

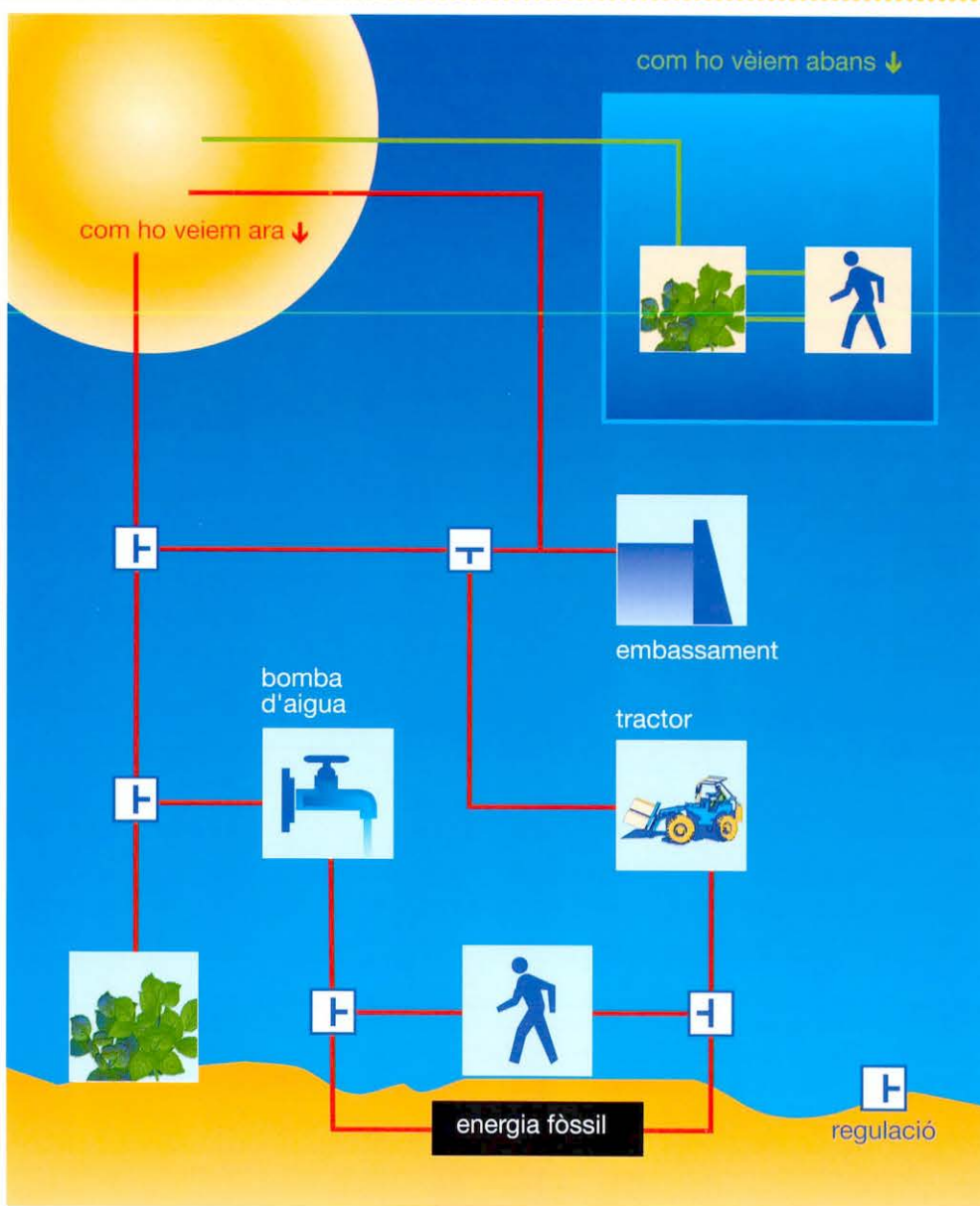


Figura 1. De ser un element més de la cadena de transformacions energètiques que va del Sol a les plantes i d'aquestes als animals, cadena en la qual amb prou feines podia introduir alteracions (selecció d'espècies, treball humà, etc.), l'home ha passat a controlar molts processos naturals, mitjançant l'ús d'energia externa (treball de màquines, regadiu, adobs sintètics, plaguicides), generalment basada en combustibles fòssils. La capacitat d'alterar el funcionament del

medi que aquest ús d'energia exosomàtica li ha donat el situa en una posició molt especial en el si de la biosfera: d'una espècie biològica més ha passat a ser el veritable dominador de la creació. Així ha vist fet realitat el manament bíblic (Gèn., 1:26, 28), però la seva responsabilitat ha augmentat en la mateixa proporció que la seva capacitat d'alterar el món. Modificat de Margalef, 1987.

● **Taula 1. Metabolisme total mitjà per individu en alguns grups humans. Modificat de Margalef, 1973**

	Països en desenvolupament	Països desenvolupats
<b>Metabolisme intern o biològic:</b>		
poca variació;		
relació màxima 1:2		
en kcal dia <sup>-1</sup>	2.150	3.060
en watt	100	150
<b>Metabolisme extern o cultural:</b>		
gran variació;		
relació màxima 1:100		
en watt	300	6.500
		(10.000 als Estats Units)

● **Taula 2. A) Evolució del consum d'energia alimentària o endosomàtica (A) per càpita i del consum total d'energia o exosomàtica (E) en l'home. B) Repartiment de l'energia consumida en l'actualitat per l'home occidental**

<b>A)</b>		
Home primitiu, sense foc		E = A (aprox. = 3.000 kcal dia <sup>-1</sup> )
Home primitiu, amb foc		E = 3 A
Home agrícola primitiu		E = 4 A
Segle XIII	E = 8 A	
Segle XX	inici, occidental	E = 25 A
	actual, occidental	E = 75 A
	actual, Estats Units	E = 85 A (14 A, menjar + 71 A, altres)
	actual, mitjana mundial	E = 15 A

<b>B)</b>		
Indústria i agricultura, 40 %; habitació i comerç, 29 %; transport, 27 %; alimentació, 4 %.		

la nostra societat, consumidora i malbaratadora, és equivalent al consum d'unes quantes desenes de bombetes o al d'una màquina força més potent. Un sol exemple: el consum elèctric (que és només una part del consum energètic total) arriba actualment a Catalunya a gairebé uns 3.000 W per persona i dia: 20 vegades més que el metabolisme endosomàtic!

[Arribat aquí, el lector no avesat pot sentir una certa confusió amb les diferents unitats d'energia que he esmentat. El cert és que, bàsicament a causa de la tradició, coexisteixen actualment diferents unitats d'energia l'origen de les quals és també ben divers. Així, el watt mesurava originalment electricitat; les calories, contingut energètic dels aliments; els cavalls de vapor, potència de màquines, etc. No totes aquestes unitats són fàcilment interconvertibles, per raons diverses (per exemple, n'hi ha que, com la calor, representen energia potencial sense referència al temps, mentre que d'altres, com el watt, són unitats de potència que incorporen el temps en llur definició). En ecologia es fan servir indistintament el watt o la quilocaloria; el watt és un joule per segon, essent un joule la quantitat d'energia necessària per elevar un quilogram a una alçada de 10 cm (unes 0,24 cal). La quilocaloria és la calor necessària per escalfar un quilogram d'aigua un grau centígrad, i és 1.000 vegades més gran que una calor (la calor necessària per escalfar un gram d'aigua un grau centígrad). El kilowatt-hora, kWh (1000 watt/hora), que és la unitat que apareix al rebut de l'electricitat, equival a unes 860 kcal. El quilojoule (kJ), finalment, equival a 0,24 kcal.]

Ja es pot comprendre que una despesa energètica tan gran ha de ser subvenida mitjançant recursos energètics addicionals a aquells de què disposen els organismes no humans, àdhuc a aquells de què disposaren els nostres avantpassats. Efectivament, de l'ús de recursos energètics del present (la llenya com a combustible) es va passar a l'explotació de recursos energètics del passat (combustibles



fòssils: primer el carbó, i després el petroli i el gas), així com a la generació elèctrica a partir de l'energia potencial acumulada als saltants d'aigua, les marees, els vents i, finalment, l'energia del nucli atòmic.

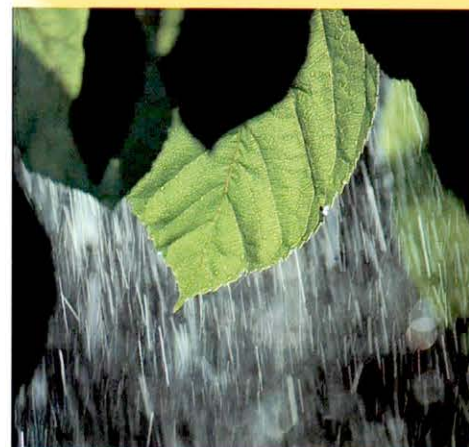
Convé recordar aquí la distinció entre recursos energètics solars i no solars. Aquests darrers es restringeixen a l'energia geotèrmica, la nuclear i la de les marees; totes són peridores i tard o d'hora s'exauriran. A l'efecte de la seva utilització per part de l'home no pot dir-se el mateix dels recursos solars, car s'està d'acord en què el Sol durarà força més que l'espècie humana; en aquest sentit, els recursos solars són inexhauribles. I són, també, força més variats: a la radiació directa del Sol cal afegir-hi els seus efectes sobre les capes fluides del planeta: el cicle hidrològic, la generació de vents, corrents i onades, i l'establiment de gradients tèrmics, tots els quals explotats o explotables energèticament.

El Sol és a la base també d'uns altres recursos energètics, començant pel més important: la matèria orgànica sintetitzada fonamentalment per les plantes verdes i que, com s'ha esmentat, constitueix l'aliment de tots els animals, inclòs l'home. Però és que, a més, les plantes verdes generen el combustible per excel·lència, ja sigui la llenya dels boscos actuals o la matèria orgànica dels ecosistemes del passat (petroli, carbó, gas natural); aquests recursos energètics són exhauribles en funció del ritme d'utilització que l'home en faci, que ara per ara és molt alt. A Catalunya, per exemple, l'ús actual de recursos energètics en funció de l'origen dona el següent repartiment: petroli, 50,5 %; nuclear, 30 %; gas natural, 9 %; carbó, 3,5 %; hidroelèctrica i geotèrmica, 3,5 %; altres renovables (llenya, solar, eòlica), 0,7 %. Aquest repartiment s'aparta de la mitjana mundial, en el sentit que les partides de petroli i carbó són més altes, i les de nuclear i gas més baixes.

● **Taula 3. Energia aproximada en alguns combustibles i processos. Els valors s'expressen en megajoules (1 megajoule =  $10^6$  joule = 239.000 calories = 239 kcal)**

Energia necessària diàriament per alimentar 1 persona (energia endosomàtica)	10
Energia exosomàtica (no alimentària) utilitzada diàriament per persona, mitjana mundial (vegeu, però, Taula 1)	200
Energia exosomàtica utilitzada diàriament per persona, mitjana per als Estats Units (vegeu, però, Taula 1)	1.000
1 dipòsit de gasolina d'automòbil (60 litres)	2.200
1 barril de petroli (160 litres)	5.900
1 tona de carbó	29.000
Vol d'un Boeing 707, de San Francisco a Nova York	1.400.000
1 kilogram d'urani-235, completament fissionat	79.000.000
Tempesta d'estiu	160.000.000
Consum diari de combustible per una central energètica de 1.000 megawatt, 1 dia	260.000.000
Bomba d'hidrogen, 1 megatona	4.000.000.000
Energia exosomàtica total utilitzada diàriament per tota la humanitat	1.000.000.000.000
Radiació solar que arriba diàriament a les capes altes de l'atmosfera	15.000.000.000.000.000

A la Taula 3 es donen els valors aproximats de l'energia alliberada per una selecció de processos i de combustibles. Pot ser instructiu comparar la magnitud d'alguns d'aquests, per exemple, l'energia mitjana alliberada per una tempesta estival i el combustible que consumeix diàriament una central energètica. La diferència més gran, amb molt, és la que es dona entre la quantitat d'energia que arriba a la Terra ( $15 \times 10^{15}$  MJ, o  $177 \times 10^9$  MW - megawatt) i la producció primària total de la biosfera, és a dir, la quantitat de matèria orgànica que les plantes produeixen a partir d'aquesta energia: entre  $60$  i  $250 \times 10^9$  tones de C any<sup>-1</sup> =  $6-25$  kcal  $\times 10^7$  any<sup>-1</sup> =  $8-33 \times 10^{13}$  watt =  $8-33 \times 10^7$  MW. Això suposa una eficiència molt baixa per a la fotosíntesi:  $8-33 \times 10^7 / 177 \times 10^9 = 1$  per mil, aproximadament.



*Les plantes verdes generen el combustible per excel·lència, ja sigui la llenya dels boscos actuals o la matèria orgànica dels ecosistemes del passat (petroli, carbó, gas natural)*



Figura 2

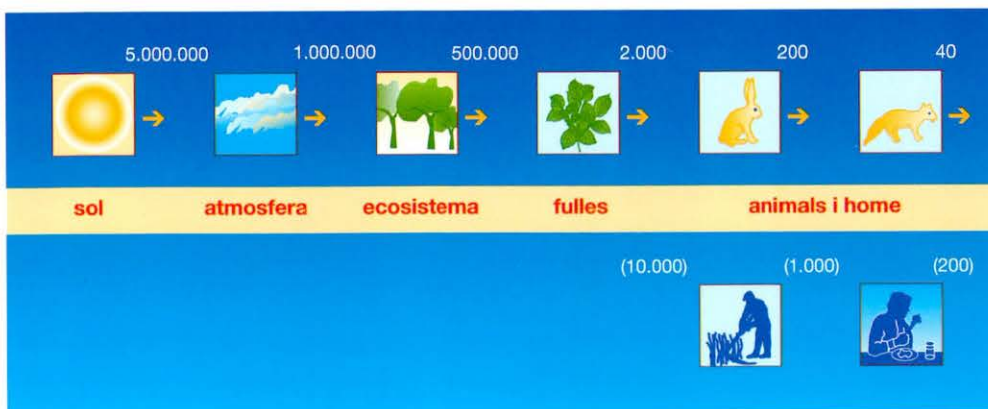


Figura 2. L'ús d'energia exosomàtica per part de l'home li ha permès augmentar els fluxos energètics entre els nivells tròfics sobre els quals pot actuar. A la il·lustració s'indiquen aquests fluxos (en kcal m<sup>-2</sup> any<sup>-1</sup> i amb xifres arrodonides)

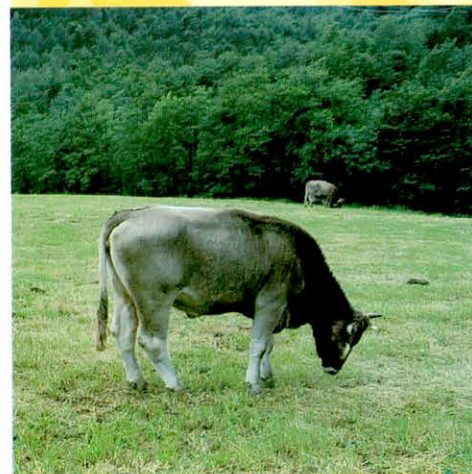
Aquesta eficiència tan baixa és deguda al fet que en cada una de les diferents transferències d'energia (Figura 2) hi ha pèrdues termodinàmiques: una gran part del flux d'energia es dissipa en calor no aprofitable directament pel procés, encara que pot ser utilitzat per a altres finalitats. Per exemple, mentre que només l'1 % de l'energia de la llum que arriba a la Terra és aprofitada per les plantes verdes en el procés fotosintètic, al voltant del 25 % serveix per evaporar aigua, fer ploure, escalfar l'aire de l'atmosfera i l'aigua de la hidrosfera i, en conseqüència, mantenir el clima, generar vents i corrents, amb la qual cosa es converteix en un subsidi d'energia (energia auxiliar, natural) per a la producció primària.

en una cadena tròfica natural i en una altra a la qual l'home hi aporta un subsidi d'energia en forma de treball de màquines, adobs, etc. (xifres entre parèntesi). Les xifres són aproximades. Modificat d'Odum, 1992.

### Energètica de la producció d'aliments

De l'examen de la Figura 2 es poden deduir dues coses més (una tercera, no directament deduïble de la il·lustració, es comentarà més endavant). En primer lloc, que un cop s'ha arribat a la producció primària, els fluxos d'energia entre els diferents nivells tròfics —de les plantes als herbívors, d'aquests als carnívors, i d'aquests als supercarnívors— segueixen tenint una eficiència baixa, al voltant del 10 %. El 90 % restant és l'energia que s'inverteix en el funcionament dels organismes implicats. Per tant, com més nivells de consumidors hi ha al llarg d'una cadena tròfica, menys proporció de la producció primària arriba als darrers nivells. Segonament, que l'activitat de l'home, subsidiant energèticament la producció agrícola i ramadera (mitjançant l'ús d'energia externa: treball de màquines, regadiu, adobs sintètics, plaguicides, etc., generalment basada en combustibles fòssils), aconsegueix augmentar la producció d'aquests nivells (cinc vegades en l'exemple), però no pas l'eficiència.

*Com més nivells de consumidors hi ha al llarg d'una cadena tròfica, menys proporció de la producció primària arriba als darrers nivells*



De fet, l'eficiència es redueix moltíssim si hom té en compte l'energia auxiliar afegida per l'home. A la Taula 4 es posa de manifest aquest punt. Mentre que la producció total d'arròs (en l'exemple) augmenta força en aquells sistemes agrícoles que empen energia auxiliar, encara augmenta més en proporció, el consum d'energia auxiliar, amb la qual cosa l'eficiència del procés disminueix. El mateix es pot veure a la Taula 5, en la qual es comparen diferents sistemes agrícoles i ramaders; en tots, els sistemes moderns suposen una major producció, però a costa d'una eficiència més baixa. Aquesta és una constant en l'economia humana, en la qual abunden els processos industrials i altres, amb un baix rendiment energètic (Taula 6). Per tal com l'energia, en qualsevol de les seves formes, és un recurs que es paga amb diners, ja es pot comprendre que, des del punt de vista econòmic, la producció d'aliments —com la d'altres béns— és cara. Però és que, des del punt de vista ecològic, el cost és també molt elevat. Vegem-ho.



● **Taula 4.** Energia fòssil que necessita la producció d'arròs, segons es facin servir mètodes moderns, de transició o tradicionals (en milers de kilocalories per hectàrea). Modificat de F. A. O. *Monthly Bulletin of Agricultural Economics and Statistics*, 25:3, febrer 1976. (Per al càlcul de les eficiències s'ha considerat que 1 kg d'arròs = 3.620 kcal.)

Destinació de l'energia	Agricultura moderna (Estats Units)	id., de transició (Filipines)	id., tradicional (Filipines)
Maquinària	4.184	335	172
Combustible	8.983	1.602	—
Adobs	11.071	2.447	—
Llavors	3.410	1.724	—
Irrigació	27.330	—	—
Plaguicides	1.138	142	—
Manipulació i transport	8.531	29	—
<b>Consum total d'energia (C)</b>	<b>64.648</b>	<b>6.279</b>	<b>172</b>
Rendiment (kg/ha)	5.800	2.700	1.250
Rendiment (kcal/ha) (R)	$21 \times 10^6$	$9,8 \times 10^6$	$4,5 \times 10^6$
Eficiència (R/C)	0,32	1,55	26

● **Taula 5.** Consums i rendiments energètics agrícoles i ramaders, en megajoules (Mj). Modificat de Leach, 1976. \* Inclou el treball humà.

Tipus	Rendiment per hora/home	Rendiment per hectàrea	Consum per hectàrea rendiment/consum	Relació
Caçadors-recol·lectors (boiximans san*)	4,50	2,90	0,37	7,8
Agricultura migratòria (Congo*)	30	15.685	240	65
Agricultors pagesos (Xina*)	40	281.000	6.846	41,1
Blat (Gran Bretanya)	3.040	56.200	17.800	3,35
Moresc (Estats Units)	3.800	76.910	29.850	2,58
Ramat de vaques lleteres (Gran Bretanya)		10.000	26.900	0,37

● **Taula 6.** Eficiències d'alguns processos industrials i altres

Calefacció d'habitatge	5 %
Caldeament d'aigua	3 %
Condicionament d'aire	5 %
Producció d'energia elèctrica	33 %
Processos amb vapor	33 %
Refineria de petroli	9 %
Acer	22 %
Alumini	13 %
Ciment	10 %
Paper	< 1 %
Transport per carretera	10 %

Teníem pendent de comentari un aspecte relacionat amb l'esquema de la Figura 2. Es refereix al que succeeix quan l'home augmenta la producció dels diferents nivells tròfics mitjançant subsidis d'energia; ja hem comentat un aspecte quantitatiu: n'augmenta la producció aprofitable directament per l'home, com a aliment o amb altres finalitats (fusta, bestiar de sang, etc.). Però hi ha un aspecte qualitatiu no gens negligible: les espècies responsables d'aquest augment no són les mateixes que les dels ecosistemes naturals. El lector potser pensarà: *És evident! No tindria cap sentit augmentar la producció d'herbes no comestibles o d'animals— com els insectes— no utilitzables directament. Per això hi ha hagut, al llarg de mil·lennis, una selecció artificial de l'home, que ha donat origen a tota una sèrie d'espècies i varietats de plantes cultivades i d'animals criats pel seu valor alimentari.*

És clar. Però aquí rau precisament la diferència qualitativa. En primer lloc, del tipus de plantes conreades i d'animals criats: són només una fracció del total d'espècies possibles. Hom estima que més del 95 % de la producció agrícola es basa en una trentena d'espècies diferents, i les espècies animals explotades per



Figura 3

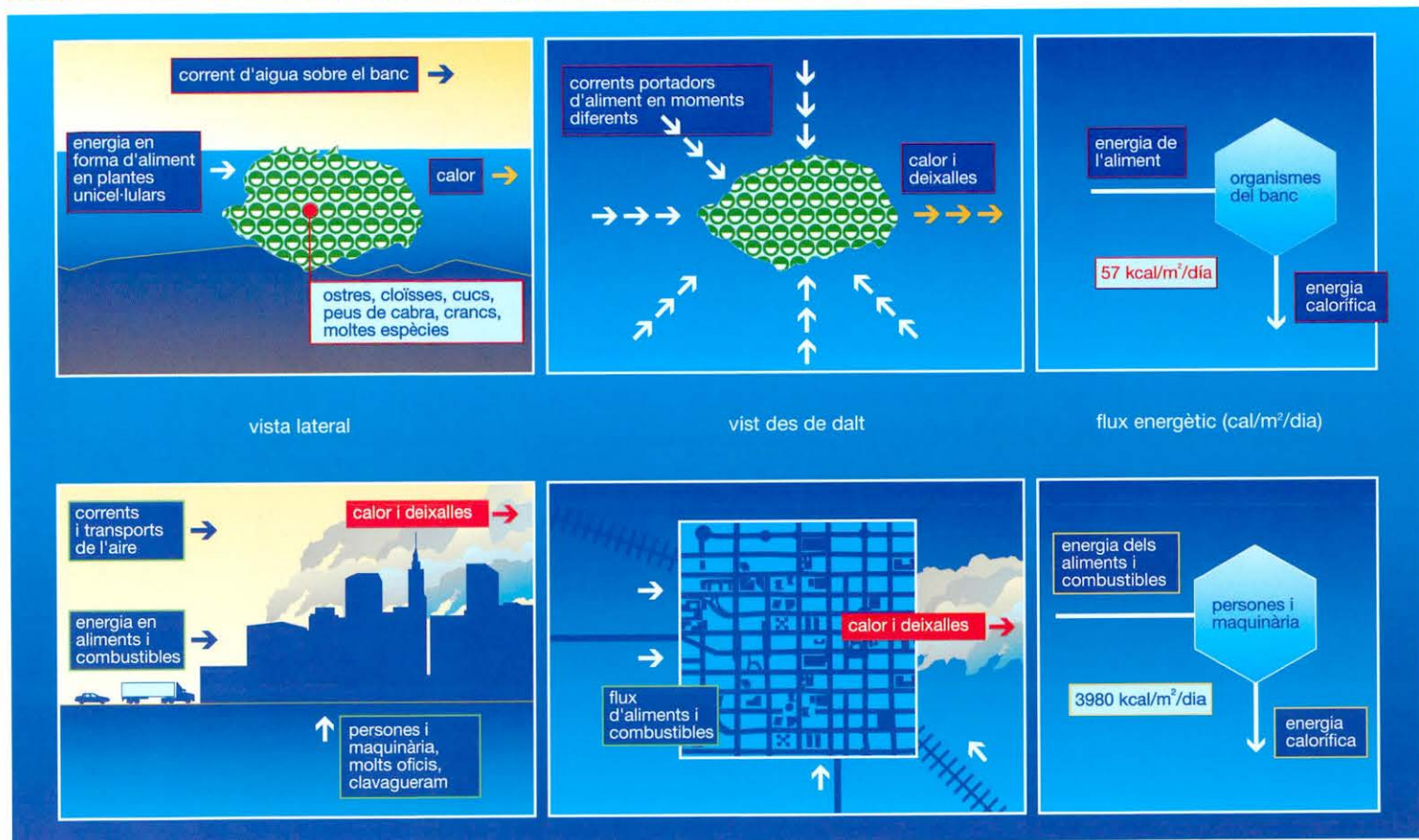


Figura 3. Comparació entre dues comunitats heteròtrofes, és a dir, en les quals el consum de matèria orgànica excedeix la producció: una de natural, un banc d'ostres, i una altra d'artificial o humanitzada. Les ostres del banc depenen de les entrades de plàncton aportat de les àrees circumdants pels corrents marins; la ciutat es manté mercès a unes enormes entrades d'aliments, primeres matèries i manufacturades alhora que energia, procedents totes d'un entorn que pot ser molt llunyà. Referides a la unitat de superfície, aquestes entrades (com també les sortides, en forma de calor i materials de rebuig) són molt més importants en el sistema humanitzat. A les comunitats il·lustrades, la ciutat necessita unes 70 vegades més energia per unitat de superfície que el banc d'ostres:  $4.000 \text{ kcal dia}^{-1}$  (un milió i mig de kcal per any). D'Odum, 1992.

l'home no són més nombroses. En segon lloc, el que es cultiva o es cria no són les espècies pures, sinó varietats força modificades per selecció artificial o per altres mètodes (biotecnologia), que hom estima més adients per llur alta producció, o per llur millor adaptació a la sequera, o perquè germinen o fructifiquen abans, etc. Sovint aquesta selecció per uns caràcters implica no tenir-ne en compte uns altres: resistència a plagues, a maltempades climàtiques, etc. En tercer lloc, finalment, l'agricultura i ramaderia modernes, amb elevades despeses energètiques, afavoreixen els monocultius sobre grans extensions de terreny (que faciliten el treball de les màquines) i els ramats nombrosíssims,

o bé els animals estabulats en instal·lacions també superpoblades.

Per dir-ho amb una sola frase, les plantes —i els animals— que l'home conrea o cria són males herbes sobreprotegides: tenen característiques d'elevada producció i requereixen unes atencions constants, traduïbles en un cost energètic.

Aquesta disminució dràstica de la diversitat específica dels ecosistemes humanitzats —i no tan sols dels agroecosistemes: l'home també genera, indirectament o directa, unes comunitats poc diverses en les seves ciutats—, conseqüència de la selecció d'unes poques espècies interessants, és a la base de l'elevada susceptibilitat d'aquests ecosistemes a les maltempa-



des d'origen natural. Atès que afavorim els monoconreus —conreus d'una sola espècie de planta, sigui blat, gira-sols o pins—, no és estrany que apareguin pue —proliferacions d'una sola espècie d'herbívor, adaptat al consum de la planta conreada—. El mateix pot dir-se de les malalties parasitàries, afavorides per la sobrepoblació d'animals domèstics o es-tabulats.

Evidentment, per combatre plagues i zo-onosis cal més energia en forma de pla-guicides, antibiòtics, etc. I, també de for-ma evident, cada cop hi ha una selecció natural més eficaç d'espècies plaga, parà-sites i productores de malalties que són resistents als diferents productes que, en una cursa accelerada, l'home inventa per eliminar-les o, si més no, apaivagar els seus efectes.

Quan hom limita a unes poques dotzenes els centenars o milers d'espècies pròpies d'una comunitat natural, indirectament està afavorint trasbalsos ecològics de tota mena, empobriment i regressió dels eco-sistemes. I encara rai si això es fa com tra-dicionalment s'ha fet a Europa i d'altres regions amb una llarga història d'explo-tació del medi; l'home ha repartit més o menys equitativament sobre el terreny les explotacions agrícoles, ramaderes, fores-tals, així com la distribució de ciutats i al-tres tipus d'instal·lacions. Aquest mosaic conserva una certa diversitat dins de la simplificació de la natura però, a més, im-pedeix maltempsades catastròfiques: pla-gues, incendis, acumulació de deixalles, etc. Però no és cap a la distribució del pai-satge en mosaic, on van l'agricultura i la ramaderia modernes; el treball de les mà-quines, la distribució de plaguicides, de pinso, etc., tot necessita de camps de con-reu homogenis i instal·lacions enormes, que s'estenen de manera monòtona sobre tot el territori i amenacen de no deixar ter-renys relativament verges, sobre l'import-antíssim paper ecològic dels quals ara no em puc estendre.

Aquest panorama de dependència del que podríem anomenar civilització d'unes poques espècies agrícoles i ramaderes, d'una despesa energètica com més va més elevada, d'una resistència cada cop més gran de les espècies competidores de l'home als productes químics que aquest utilitza, d'una fragilitat ecològica cada cop més gran dels ecosistemes humanitzats, cal complementar-lo amb un altre de paral·lel: la reducció de terres fèrtils, la pèrdua de sòl per erosió i desertització, la contaminació de les aigües, l'augment de la demanda alimentària deguda un crei-xement rapidíssim de la població mun-dial, etc. I, tancant el cercle, l'exhauriment a curt o mig termini dels recursos energè-tics tradicionals, bàsicament els combusti-bles fòssils (la qual cosa no implica que no hi hagi un ús cada cop més estès d'ener-gies alternatives: solar indirecta, eòlica, geotèrmica, de la biomassa, etc., així com una confiança ben fomentada en el des-cobriments de nous recursos energètics fins ara només intuïts).

### Per pensar-hi una mica

Sigui com sigui, i amb això acabaré, els ecosistemes humanitzats funcionen fent passar a través seu una enorme quan-titat d'energia (Figura 3). Tant pels costos —ambientals i econòmics— de generació d'aquesta energia com per les pèrdues termodinàmiques implicades, com per la selecció que aquest flux energètic fa sobre les comunitats naturals, les conseqüèn-cies sobre els ecosistemes són dràstiques, i totes tendeixen al seu empobriment. Serà bo tornar a fer una ullada a la Taula 1, a la comparació entre despeses energèti-ques en països desenvolupats i en vies de desenvolupament. Deixo al lector el càl-cul bàsic del que suposaria (en termes de consum energètic i d'efectes ambientals) que els aproximadament 4 mil milions d'habitants del planeta que, en números rodons, viuen en el primer grup de països (el que s'ha anomenat el Sud), assolissin el nivell de despesa energètica mitjana dels

mil milions d'éssers humans aproximada-ment que viuen als països desenvolupats (el Nord). Vull dir, senzillament i tornant a l'inici de l'article, que tots i cadascun dels habitants de Ruanda, posem per cas, tinguessin accés a la informació sobre el bombardeig meteorític de Júpiter. (Si aquest plantejament fereix alguna sus-ceptibilitat, n'hi haurà prou de canviar el temps del verb, passant del condicional imprecís que he emprat al futur concret: *canviar que assolissin per quan assoli-ran.*) Però això pot ser tema per tot un al-tre article ■

### Referències bibliogràfiques

- Campbell, B. *Ecología humana*. Barcelona: Salvat, 1994.
- Leach. *Energy and food production*. Londres: IPC Press, 1976.
- Margalef, R. «Ecological theory and prediction in the study of interaction between Man and the rest of the Biosphere», a *Ökologie und Lebensschutz in internationaler Sicht* (H. Sioli (ed.). Freiburg: Rombach, 1973).
- Margalef, R. «Bases ecològiques per a una gestió de la natura», a *Natura, ús o abús? Llibre blanc de la gestió de la natura als Països Catalans* (R. Folch, ed.). Barcelona: Barcino, 1976.
- Margalef, R. *L'Ecologia*. Barcelona: Diputació de Barcelona, 1985.
- Margalef, R. «La ecología como marco conceptual de reflexión sobre el hombre», a *Ecología y cultura* (A. Dou, ed.). Madrid: UPCM. Barcelona: Vedrà, 1988.
- Odum, H. T. *Ambiente, energía y sociedad*. Barce-lona: Blume, 1980.